UEBER DEN EINFLUSS

DER

VERSCHIEDENEN REAKTION

DIALYSIRTER FLÜSSIGKEITEN

AUF DIE

GESCHWINDIGKEIT DES DIFFUSIONSSTROMES.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTAET

DER

KGL. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHUELFE

VORGELEGT VON

OTTO VOIGT

PRACT. ARZT

AUS

TILSIT.

WÜRZBURG.

BECKER'S UNIVERSITAETS-BUCHDRUCKEREI.

1883

Referent:

Herr Geh. Hofrath Prof. Dr. Gerhardt.

Die osmotischen Vorgänge, die lange Jahre hindurch das Interesse der Physiologen aufs lebhafteste beschäftigten, haben unbestritten in der jüngsten Zeit an Theilnahme in diesen Kreisen eingebüsst. Nicht mit Unrecht: denn die Erwartungen, die man für die Erklärung einer grossen Reihe von physiologischen Erscheinungen an die Erforschung der osmotischen Vorgänge geknüpft hatte, haben sich nicht erfüllt: und es dürfte kaum jetzt noch einen Physiologen geben, der z. B. die Resorptionsvorgänge im Darm und auf Grund der bis jetzt erkannten Gesetze der Osmose erklären wollte und der nicht vielmehr eine uns noch unbekannte Wirkung der Darmepithelien dabei zu Hülfe nähme.

Trotzdem wird es nothwendig sein, da ja dies der naturgemässe Weg ist, von den einfacheren Versuchsbedingungen auszugehen, um dadurch allmählig zum Verständniss der complicirteren Erscheinungen zu gelangen.

Wir schicken dies als Rechtfertigung der nachfolgend beschriebenen Versuche voraus: wir wollen damit nur dem Einwande begegnen, als glaubten wir, das Gefundene gestatte unmittelbar schon eine An-

wendung auf die zum Ausgangspunkte genommene physiologische Ueberlegung.

Dieser Ausgangspunkt war nämlich die folgende rein physiologische Frage: Hat die Verschiedenheit der chemischen Reaktion zwischen Darminhalt einerseits und Blut andrerseits auf den Uebergang von gelösten Theilen aus dem Darm ins Blut einen Einfluss?

Das Blut reagirt stets alkolisch, von kohlensaurem Natron, das im Serum aufgelöst sich vorfindet: Die Reaktion des Darminhaltes dagegen ist überwiegend sauer. Dies letztere ist ja für den Magen eine durchgehends feststehende Annahme. Aber auch der Inhalt des Dünn- und Dickdarms zeigt allermeist saure Reaktion. Zwar wird die freie Säure des ins duodenum übertretenden Chymus abgestumpft und sogar überneutralisirt durch die dort sich beimischenden stark alkalischen Secrete (der Leber und bes.) des Pankreas und auch der Darmsaft hat die gleiche Wirkung. Indess entstehen durch die Veränderungen, die die Nahrungsmittel im Darmkanal selbst erleiden, freie Säuren (Milchsäure, Buttersäure u. a. Glieder der Fettsäurenreihe), so dass an den meisten Stellen im Dünndarm und immer im Dickdarm starke saure Reaktion vorherrscht. Man kann sich von der Richtigkeit dieser Angaben bei der Sektion von Thieren, die gerade in der Verdauung getödtet sind, überzeugen. Ausserdem vergleiche man hiezu die Berichte der zahlreichen Versuche von *Tiedemann* und *Gmelin*[1]) und anderer älterer Physiologen.

Ueber die ganz principielle Frage der Geschwindigkeit der Diosmose von verschiedenen Säuren und

---

[1]) Die Verdauung nach Versuchen: I. Band. pag. 105—287.

Alkalien und über den Einfluss der verschiedenen Reaktion auf die osmotischen Prozesse liegen unseres Wissens methodische Untersuchungen nicht vor. Bei *Liebig* (in dessen chemischen Briefen) findet sich gelegentlich die Bemerkung, bei Dialyse von gesättigter Kochsalzlösung gegen destillirtes Wasser werde die Schnelligkeit des Ansteigens der Wassersäule in dem Dialysator erhöht durch verschiedene Reaktion der beiden Flüssigkeiten. Weiter existiren von *Landrin*[1]) Versuche der Art, dass Säure und Alkali durch eine *Bunsen*'sche Thonzelle von einander getrennt in gegenseitigen Austausch treten konnten. Es ergab sich, dass Aetzkali am energischsten sich mit Schwefelsäure, Aetznatron mit Salzsäure verbindet. Die untersuchten Säuren waren Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure: Die Basen ätzendes und kohlensaures Natron und Kali.

Es war darum vorerst nothwendig über die allereinfachsten Versuchsbedingungen Erfahrung zu gewinnen um diese dann auf immer complicirten Verhältnisse übertragen zu können.

Als dialysirende Membran wurde von uns nur vegetabilisches Pergament benützt und zwar besonders starke, kräftige Sorten. Die Einwände, die von verschiedenen Seiten neuerdings gegen die Brauchbarkeit dieses Materials für diosmotische Versuche gemacht sind, werden am besten durch die Angabe widerlegt, dass wir bei den gleich zu beschreibenden Versuchen durchaus constant von den vielen verwendeten verschiedenen Dialysatoren dieselben Resultate erhielten. Da diese Unterschiede gering sind, so sind dadurch

---

[1]) C. R. 74. 681. Chem. Centr.-Blatt 1872. 243.

schon gröbere Versuchsfehler ausgeschlossen. Die Anfertigung der Dialysatoren geschah so: Ein gerader Lampencylinder (einfacher Hohlcylinder, wie er für Gasbrenner verwendet wird) wurde in mehrere Stücke zerschnitten und am einen Ende über einen Bindfadenreif, der dicht um die Oeffnung des Cylinders lag, die Membran glatt und fest aufgebunden. Man erhält so Dialysatoren von genau gleicher wirkender Oberfläche. Der Durchmesser derselben betrug etwa 50 mm im Lichten. Der mit Flüssigkeit beschickte Dialysator wurde in ein passendes Porzellanschälchen gestellt, das die andere Flüssigkeit enthielt. — Die absoluten Mengen der Flüssigkeiten, die von der einen Seite der Membran nach der andern hin bewegt wurden, sind in dem Versuche nicht bestimmt: Die Volumen-Aenderungen, die unter unseren Versuchsbedingungen auftreten, waren zu gering, als dass die unvollkommeue Methode sichere Schlüsse gestattet hätte. Es kam immer nur darauf an, die absoluten Mengen der im Wasser gelösten Stoffe, die in bestimmten Zeiten die Membran durchsetzt hatten, zu bestimmen. — Die Temperatur wurde bei den Versuchen nicht variirt: sie sind alle bei der mittleren Zimmertemperatur von 15—16° C angestellt. — Der Einfluss der Schwere war bei den Versuchen dadurch aufgehoben, dass inneres und äusseres Flüssigkeits-Niveau kaum 2 bis 3 mm Höhenunterschied hatten.

Zuerst wurde die Diffussion von Säuren und Alkalien untersucht und zwar von beiden gegen destillirtes Wasser. Um die Versuche schnell auszuführen und einen Vergleichungspunkt unmittelbar zur Hand zu haben, wurden sogenannte Normallösungen, d. i. Lösungen von bekanntem, gleichem chemischen

Wirkungswerth bereitet. Es waren also 15 ccm Salzsäure gleichwerthig 15 ccm. Schwefelsäure, gleich 15 ccm. Aetzkali u. s. w., d. h. gleiche Volumina einer Säure und eines Alkali geben immer neutrale Lösungen. Die Concentration war immer die sog. normale: es waren also z. B. in 1000 CC. unserer Salzsäure 36,5 gr HCl. gelöst u. s. w.

I. Säuren gegen destillirtes Wasser.

Verglichen wurden normale Ameisensäure, Essigsäure, Oxalsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure. Von diesen wurden gleiche volumina in die Dialysatoren gegeben, ausserhalb des Dialysators war destillirtes Wasser. Nach genau gleicher Zeit wurde der Inhalt der verschiedenen Dialysatoren in Bechergläschen sorgfältig zurückgegossen und mit Normalkali austitrirt: durch die Anzahl der verbrauchten C. C. Normalkali war bestimmt, wie viel von den einzelnen Säuren durch die Membran schon zum destillirten Wasser gegangen war. —

Von den drei anorganischen Säuren, Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure diffundirt in der bezeichneten Concentration und bei der angegebenen Temperatur Salzsäure am schnellsten: davon ist sehr wenig verschieden Salpetersäure, am langsamsten und zwar in merklichem Abstande gegen die beiden andern geht Schwefelsäure über. — Beispiele:

I. Versuch:

15. CC. Normalsäure: 16° C nach 25′ sind noch im Dialysator

von Salpetersäure	11,5	
Salzsäure	11,1	Normalsäure!
Schwefelsäure	12,4.	

II. Versuch:

Anderes Pergamentpapier. Temperatur 17,5° C. Nach 35 Minuten sind noch im Dialysator

Salpetersäure	11,6	
Salzsäure	11,4	CCm.
Schwefelsäure	12,2.	

Es ist vorderhand nur diese Thatsache zu constatiren: eine einfache Beziehung zu bekannten Eigenschaften dieser Säuren lässt sich aus den obigen Zahlen nicht ableiten. Es sind in den verwendeten Normallösungen nach den allgemein gültigen Meinungen in je gleichen Raumtheilen eine gleiche Anzahl von Molekulen enthalten: bei Schwefelsäure und den übrigen 2 basischen Säuren ist in gleichen Volumen nur die halbe Zahl der Molekulen enthalten. Es gehen also, dieser Schluss ist sicher gestellt, in gleichen Zeiten nicht gleich viele Molekule durch die Membran hindurch. Von der Molekulargrösse ist aller Wahrscheinlichkeit nach die Diffussionsgeschwindigkeit mit abhängig: aber diese Geschwindigkeit ist sicher auch eine Funktion noch anderer Eigenschaften der chemischen Verbindungen.

Dies ergibt vor Allen das Resultat der gleich mitzutheilenden Versuche, wo mit zunehmender Molekulargrösse die Diffussionsgeschwindigkeit sogar wächst. Andere Beziehungen aber (Grösse der Molekule in der wässrigen Lösung, Lösungswärme, Stücke der chemischen Affinitäten etc.) lassen sich vorderhand nicht benützen, da die Voruntersuchungen fehlen.

Die in gleicher Weise untersuchten organischen Säuren zeigen eine Diffussionsgeschwindigkeit, die ungefähr der der Schwefelsäure gleich kommt. Von ihnen geht die Oxalsäure, von der übrigens als zweibasischer Säure nur ein halbes Molekul im Liter enthalten ist, am schnellsten über: Ameisensäure und Essigsäure verhalten sich ungefähr gleich.

Versuchsbeispiele:

I. Temperatur 16° C: von je 15 CCm der verwendeten Säuren waren nach 20 Minuten noch im Dialysator

Ameisensäure	12,8
Essigsäure	12,8
Oxalsäure	12,4
Salpetersäure	11,8
Schwefelsäure	12,8

II. Dieselben Bedingungen: 20′

Ameisensäure	12,5
Essigsäure	12,5
Oxalsäure	12,3

2. Alkali gegen destillirtes Wasser.

Bei diesen Versuchsreihen wurden Lösungen von normalem Kali und Natron in die Dialysatoren gegeben und beide treten mit destillirtem Wasser in Austausch. — Das sichere Resultat zahlreicher Versuche ist, dass Aetzkali rascher durch das vegetabilische Pergament hindurchsetzt als Aetznatron.

Beispiele I. 10 CCm Normalalkali:

Kali 6,7
Natron 7,1 noch vorhanden nach 20 Min.

II. 15 Minuten: 15 CCm 15 Minuten.
Kali 11,9
Natron 12,1.

Das Mittel aus 11 gleichfertigen Versuchen war: Kali 10,7, Natron 11,0. Alle Versuche ergaben ausnahmslos dasselbe Resultat, wenn auch die absolute Grösse des Unterschiedes in gewissen Grenzen variirt. — Nur beiläufig sei erwähnt, dass das Aetzkali mit dem grösseren Molekulargewicht rascher die Membranen durchsetzt. Weitere theoretische Anknüpfungen scheinen vorderhand noch unfruchtbar.

3. Die Diffusionsgeschwindigkeiten von Normalsäuren und Alkalien mit einander verglichen.

Von 3 Dialysatoren wurden bei diesen Versuchen 2 mit Normalalkali, der dritte mit Normalsäure beschickt und beim nächsten Versuche (selbstverständlich nach sorgfältigster Reinigung) die Dialysatoren verwechselt. — Ausserhalb des Dialysators war immer destillirtes Wasser.

Das constante Resultat dieser Versuchsreihen war, dass Alkalien rascher durch die Membranen gehen als gleichwerthige Säurelösungen.

Zum Beweise dessen als Beispiele die nachstehenden Versuchsreihen:

I. 15 CCm der Normalflüssigkeit angewendet: Dauer 21 Minuten:

Normalkali	gebr.	noch	11,6 Normalsäure.
Normalschwefelsäure	„	„	13,3 Normalkali.
Normalkali	„	„	11,8 Normalsäure.

II. 15 CCm angewendet: Dauer 20 Minuten:
Normalschwefelsäure gebr. noch 12,8 Normalkali.
Normalkali „ „ 11,5 Normalsäure.
Normalschwefelsäure „ „ 12,9 Normalkali.

III. Andere Dialysatoren: 15 CCm angewendet: Dauer 15 Minuten:
Normalsalpetersäure gebr. noch 12,5 Normalkali.
Normalkali „ „ 11,8 Normalsäure.
Normalsalpetersäure „ „ 12,6 Normalkali u.s.w.

Es wurden die Versuche nicht weiter variirt, weil ja die Geschwindigkeit der Diffusion der einzelnen Säuren und Alkalien schon oben miteinander verglichen ist. Es sei nur noch darauf aufmerksam gemacht, dass bei den oft wiederholten Versuchen nach dem Umwechseln der Dialysatoren die Resultate constant blieben, dass also die verschiedenen diffundirenden Flüssigkeiten die Membran in den Eigenschaften, auf die es nur ankommt, nicht verändern.

4. Die Diffusionsgeschwindigkeiten von Säuren und Alkalien, die gegen einander diffundiren.

Bei diesen Versuchen war von Anfang an die Reaktion auf beiden Seiten der trennenden Membran verschieden. Das Detail der Versuche geht aus den folgenden Angaben hervor. (Die Zahlen bedeuten immer Cubikcentimeter, die chemischen Zeichen die betreffenden Normallösungen).

Beispiele.

I. 10′ Dauer. Temperatur 16—18° C.

A) Innen 10 HCl + 10 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 8,2 KOH.

B) Innen 10 HNO_3 + 10 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 7,7 KOH.

C) Innen 10 H_2SO_4 + 10 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 8,2 KOH.

D) Innen 10 $C_2O_4H_2$ + 10 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 8,5 KOH.

II. Dauer 10 Minuten.

A) Innen 15 HCl + 15 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 13,2 KOH.

B) Innen 15 HNO_3 + 15 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 11,4 KOH.

C) Innen 15 H_2SO_4 + 15 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 12,2 KOH.

D) Innen 15 $C_2O_4H_2$ + 15 H_2O.
Aussen 15 NaOH + 15 H_2O.
Inhalt des Dialysators gebraucht noch 13,4 KOH.

Das Resultat dieser Versuche ist nicht so constant, wie das der bisher beschriebenen. Die Methode ist zu ungenau als dass sie für scharf messende Versuche verwendbar wäre. Indess deuten die Zahlen aller Versuche so scharf nach einer Richtung, dass als das Resultat folgende Sätze ausgesprochen werden dürfen.

Die Diffusionsgeschwindigkeiten von Säuren gegen Wasser sind andere wie die gegen ätzende Alkalien. Während gegen Wasser nach den Diffusionsgeschwindigkeiten die Säuren in der Ordnung: Salzsäure, Sal-

petersäure, Oxalsäure, Schwefelsäure (letztere beide ungefähr gleich im Rang) auf einander folgen, ist diese Ordnung nach den Diffusionsgeschwindigkeiten gegen Aetznatron zurecht gestellt: Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Oxalsäure. —

Dies ist natürlich nur eine Wortumschreibung der obigen Versuche, bei den jetzt disponirten Versuchen geht natürlich Säure zum Alkali und Alkali zur Säure. Die schliesslich noch im Dialysator vorhandene freie Säure ist die Differenz der überhaupt noch nicht aus dem Dialysator hinaus diffundirten Säure minus der durch herübergegangenes Natron neutralisirten Säure. Nur diese Differenz ist bestimmt. Es lohnte sich nicht bei der unvollkommenen Methode durch genaue chemische Analyse die absolute Menge aller auf beiden Seiten der trennenden Membran vorhandenen Stoffe zu bestimmen, wodurch eigentlich erst die Diffusionsgeschwindigkeit von Aetznatron und Säuren gegen einander bestimmt wären. —

Es wird sicher hier neben der Diffusionsgeschwindigkeit noch die Grösse der chemischen Verwandtschaft, dann die bei der Vereinigung zwischen Säure und Alkali (die in den Poren der Membran zu verlegen ist) frei werdende Wärme, endlich die Diffusionsgeschwindigkeit der gebildeten Salze selbst eine Rolle spielen. Der Vorgang ist so complicirter Art, dass nur mit den feinsten Hilfsmitteln derselbe auf seine elementaren Componenten zurückzuführen wäre. Da es hier nur auf eine vorläufige Orientirung für die direkte Anwendung auf die praktische physiologische Frage ankam, so wurde vorderhand die Sache nicht weiter experimentell verfolgt.

Mit *Landrins* Angaben stimmt unser Resultat nicht gut zusammen. Der Grund der Abweichung ist indess bei den vielen Unterschieden in der Versuchsanordnung ohne weitere Versuche nicht zu eruiren.

5. Der Einfluss der verschiedenen Reaktien auf die Geschwindigkeit der NaCl-Diffusion.

Von den hieher gehörigen Versuchen sei eine Reihe erwähnt, deren Ergebniss in früheren Versuchen über NaCl-Diffusion schon angeführt ist, die der Uebersichtlichkeit und der Diskussion späterer Versuche zu Liebe (und auch als Beweis für die Zuverlässigkeit unserer Methoden) hier einen Platz finden soll. Es handelt sich um die Schnelligkeit der Diffusion verschieden concentrirter NaCl-Lösungen.

Ausserhalb des Dialysators war immer das gleiche Volumen destillirten Wassers. Im Dialysator war:

a) 5 NaCl + 15 H_2O nach 2′ war noch im Dialysator 0,73 NaCl d. i. 1 mal 0,73,
b) 10 NaCl + 10 H_2O nach 20′ war noch im Dialysator 1,46 NaCl d. i. 2 mal 0,73,
c) 15 NaCl + 5 H_2O nach 20′ war noch im Dialysator 2,14 NaCl d. i. 3 mal 0,71,
d) 20 NaCl nach 20′ war noch im Dialysator 0,73 NaCl d. i. 4 mal 0,72.

Es war in diesen 20 Minuten etwa ein Viertel des angewandten Kochsalzes durch die Membran nach Aussen gegangen. Das äussere Wasser wurde während der Versuchszeit nicht erneuert, so dass also bald die innere concentrirte Kochsalzlösung gegen eine dünne äussere Lösung in Austausch stand. Dennoch sind die angeführten Zahlen so prägnant, dass sie den Schluss

zulassen. Die Geschwindigkeit der NaCl-Lösungen gegen destillirtes Wasser ist der Concentration proportional[1]).

Die Versuche über den Einfluss der verschiedenen Reaktion auf die Kochsalzdiffusion ergeben als allgemeines Resultat, dass ein solcher Einfluss entweder gar nicht oder nur in so geringem Maasse vorhanden ist, dass er mit den von uns benützten Hilfsmitteln nicht nachgewiesen werden kann. Die Art der Versuchsanstellung geht aus dem folgenden Beispiele hervor.

A) Innen 10 NaCl + 10 NO_3H. — Aussen 15 NaOH + 15 H_2O nach 25′ im Dialysator noch 1,48 NaCl.

B) Innen 10 NaCl + 10 NaOH — Aussen 15 HNO_3 + 15 H_2O nach 25′ im Dialysator noch 1,52 NaCl.

C) Innen 10 NaCl + 10 NaOH. — Aussen 15 H_2SO_4 + 15 H_2O nach 25′ im Dialysator noch 1,49 NaCl.

D) Innen 10 NaCl + 10 H_2O. — Aussen 15 H_2O + 15 H_2O nach 25′ im Dialysator 1,48 NaCl.

Die Unterschiede dieser Versuche halte ich für Versuchsfehler; in Controllversuchen schwankten die Differenzen gleichviel nach der entgegengesetzten Seite.

Gleiche Resultate, deren Abweichungen auch nach entgegengesetzten Seiten in gleicher Grösse in dem Umfange der Versuchsfehler auftraten, zeigt die Essigsäure.

Es diffundirt demnach neutrale Lösung von Kochsalz ebenso schnell gegen neutrales Wasser wie bei verschiedener Reaction auf beiden Seiten der trennenden Membran, vorausgesetzt natürlich, immer die gleiche Concentration der Kochsalzlösung. — Dieses Resultat

---

[1]) cf. *Vierordt* in Archiv für physiolog. Heilkunde. 7. Jahrgang, pag. 272.

ist theoretisch interessant. Einmal zeigt es, dass durch die verschieden schnell erfolgende Diffusion der einzelnen Säuren gegen das Aetznatron (siehe oben Abschnitt 4) und vice versa der Diffusionsstrom des Kochsalzes nicht beeinflusst wird. Doch ist dies nicht der richtige Ausdruck des wirklich vor sich gehenden Processes. Nach dem *Bertolett*'schen Satze entstehen in einer Flüssigkeit, in der verschiedene Säuren und Metalloxydhydrate vorhanden sind, alle Verbindungen, die überhanpt theoretisch möglich sind. Wenn also zu Kochsalzlösung freie Schwefelsäure gegeben wird, so sind dann dem *Bertolett*'schen Satze zufolge in Lösung: Kochsalz, Schwefelsaures Natron, Salzsäure und Schwefelsäure, ebenso ist es natürlich mit den andern Säuren. — Nun ist ja in den obigen Versuchen nicht eigentlich die nach der Diffusionszeit im Dialysator noch vorhandene Kochsalzmenge, sondern die ganze Chlormenge, sowohl die im Kochsalz als die in der Salzsäure vorhandene bestimmt und schlechthin als Kochsalz berechnet. Es wurde nämlich am Schlusse des Versuchs stets der vollständig in ein Becherglas zurückgegossene Dialysatorinhalt neutralisirt und mit Lösung von Höllenstein der gesammte Chlorgehalt austitrirt.

Ist also die oben aus den Versuchen als Resultat gezogene Behauptung richtig, so wäre damit, die Richtigkeit des *Bertolett*'schen Satzes vorausgesetzt, bewiesen, dass für die Schnelligkeit der Diffusion durch vegetabilisches Pergament es nur ankommt auf die Anzahl der Chlor-Atome, die in der Volumeinheit der Lösung vorhanden sind, gleichgültig ob dieselben im Natrium oder Wasserstoff gebunden sind und gleichgültig ob neben denselben noch andere Salz- und

Säuremoleküle vorhanden sind. Die nächste Aufgabe wäre, zu erfahren, ob auch die Metalloxyde ohne Einfluss sind, ob also Lösungen von Kochsalz, Chlorkalium und anderen in gleichen Zeiten wirklich eine gleiche Anzahl von Salzmolekulen durch die Membran treten lassen. Weiter wäre umgekehrt durch Diffusion verschiedener Säuren und Metalle die Gültigkeit des *Bertolett*'schen Satzes selbst zu prüfen, indem durch quantitative Bestimmung der diffundirten Mengen einer jeden Säure und jeden Metalles für sich aus den Atomgewichten leicht zu eruiren wäre, welche Salze eigentlich und in welchen Mengen sie die Membran durchsetzen. Leider mussten wegen Mangels an Zeit und wegen der jetzt noch zu unvollkommenen experimentellen Hülfsmittel diese Versuche vorläufig verschoben werden.

6. Ueber den Einfluss, den Eiweisslösungen auf die Schnelligkeit der Diffusion von Säuren, Alkalien und Kochsalz äussern.

Die Versuche wurden angestellt, um die Schnelligkeit der Diffusion unter Bedingungen, die den physiologischen ähnlich sind, zu untersuchen. Es war stets auf der einen Seite der trennenden Membran eine Eiweisslösung mit bestimmten Zusätzen, auf der andern Seite eine einfach wässrige Lösung der Stoffe, deren Diffusionsgeschwindigkeit untersucht werden sollte. — Zuerst seien die Versuche erwähnt, welche eruiren sollen, ob gegen saure oder alkalische Eiweisslösung die Diffusion rascher vor sich gehe. Da ja unter dem Einflusse von freier Säure und freiem Alkali die Natur des Eiweisskörpers allmählig sich ändert — es entsteht

Acid-Albumin respective Alkali-Albuminat — so war diese Prüfung zunächst geboten. Das angewendete Eiweiss war Serum-Albumin, von *Sittel* in Heidelberg gekauft.

I. Beispiel (15 CC Kochsalz enthalten 2,52 gr Kochsalz).

A) Innen 15 NaCl + 10 H_2SO_4.
Aussen 15 Eiweiss + 10 NaOH.
Nach 30′ im Dialysator noch 2,13 gr Kochsalz.

B) Innen 15 NaCl + 10 NaOH.
Aussen 15 Eiweiss + 10 H_2SO_4.
Nach 30′ im Dialysator noch 2,15 NaCl.

C) Innen 15 NaCl + 10 H_2SO_4.
Aussen 15 Eiweiss + 10 NaOH.
Nach 30′ im Dialysator noch 2,15 gr NaCl.

D) Innen 15 NaCl + 10 NaOH.
Aussen 15 Eiweiss + 10 H_2SO_4.
Nach 30′ im Dialysator noch 2,14 NaCl.

Daraus folgt, dass Kochsalz gleichschnell gegen alkalische und saure Eiweisslösungen diffundirt.

Ueber die Schnelligkeit der Säure und der Kochsalzdiffusion zu Eiweiss verglichen mit einfach wässrigen Lösungen geben folgende Versuchsreihen Aufschluss.

II. Beispiel. Dauer 40′.

A) Innen 10 NaCl + 10 NaCl + 10 $C_2H_4O_2$.
Aussen 20 H_2O + 10 NaOH.
Im Dialysator noch 2650 NaCl.

B) Innen 10 NaCl + 10 H_2O + 10 Essigsäure.
Aussen 20 H_2O + 10 NaOH.
Zur Neutralisation noch 6,9 KOH.
Im Dialysator noch 1,270 NaCl.

C) Innen 20 NaCl + 10 Essigsäure.
Aussen 10 H_2O + 10 Eiweiss + 10 NaOH.

Zur Neutralisation noch 8,2 KOH.
Im Dialysator noch 2,7 NaCl.

D) Innen 20 NaCl + 10 Essigsäure.
Aussen 20 Eiweiss + 10 NaOH.
Zur Neutralisation noch 6,4.
Im Dialysator noch 2,5 NaCl.

III. Beispiel. Dauer 42′.

A) Innen 20 NaCl + 10 Essigsäure.
Aussen 10 H_2O + 10 NaOH.
Zur Neutralisation 5,7 KOH.
Im Dialysator noch 2,34 NaCl.

B) Innen 10 NaCl + 10 H_2O + 10 Essigsäure.
Aussen 10 H_2O + 10 NaOH.
Zur Neutralisation 5,6 KOH.
Im Dialysator noch 1,08 NaCl.

C) Innen 20 NaCl + 10 Essigsäure.
Aussen 5 Eiweiss + 5 H_2O + 10 NaOH.
Zur Neutralisation noch 6,3.
Im Dialysator noch 2,6 NaCl.

D) Innen 20 NaCl + 10 Essigsäure.
Aussen 10 Eiweiss + 10 NaOH.
Zur Neutralisation 5,8 KOH.
Im Dialysator noch 2,31 NaCl.

IV. Beispiel. Dauer 30′.

A) Innen 10 NaCl + 5 Essigsäure.
Aussen 5 Eiweiss + 15 H_2O + 5 NaOH.
Zur Neutralisation 3,8 KOH.
Im Dialysator noch 1,45 NaCl.

B) Innen 10 NaCl + 5 Essigsäure.
Aussen 10 Eiweiss + 10 H_2O + 5 NaOH.
Zur Neutralisation noch 3,52 KOH.
Im Dialysator noch 1,42 NaCl.

C) Innen 10 NaCl + 5 Essigsäure.
Aussen 15 Eiweiss + 5 H_2O + 5 NaOH.
Zur Neutralisation noch 3,9.
Im Dialysator noch 1,61 NaCl.

D) Innen 10 NaCl + 5 Essigsäure.
Aussen 20 Eiweiss + 5 NaOH.
Zur Neutralisation 2,6 KOH.
Im Dialysator noch 1,41 NaCl.

E) Innen 10 NaCl + 5 Essigsäure.
Aussen 20 H_2O + 5 NaOH.
Zur Neutralisation 4,8 KOH.
Im Dialysator 1,54 NaCl.

Zunächst zeigen diese Versuche, was eigentlich unter 4 und 5 eingereiht werden sollte, dass Säuren in gleichen Mengen zu verschieden stark concentrirter Kochsalzlösung gegeben, gleichschnell gegen das Alkali diffundirt; dies beweisen ja die Versuche A und B des zweiten und dritten Beispiels. Weiter ist das allgemeine Resultat der Versuche, dass gegen Eiweiss ceteris paribus Kochsalz schneller diffundirt als gegen destillirtes Wasser und zwar um so schneller, je concentrirter die Eiweisslösung. Die Ausnahme, die überall die Versuche C machen, sollen später besprochen werden. Der Schnelligkeit der Kochsalzlösung parallel geht die Diffusion der Säure, wie dies besonders das vierte Beispiel deutlich zeigt. Dieses Resultat ist nicht auffallend, da ja Eiweisslösungen ein unendlich grosses endosmotisches Aequivalent haben, man sich also vorstellen kann, dass auch Kochsalzlösung, wenn auch weniger langsam als reines Wasser von ihnen angezogen wird. Auffallend ist in den drei Reihen zwei, drei und vier das Resultat der Versuche C.; hier war in den Dialysatoren am Ende des Versuchs der Inhalt

getrübt, während er sonst immer hell war, und es ist dabei immer ein verhältnissmässig weniger als sonst dem Mittel der Versuche entspricht, an Säure und Kochsalz abdiffundirt. Versuchsfehler sind auszuschliessen, da ja die Dialysatoren immer gewechselt wurden. Wahrscheinlich sind hier Säure, Alkali und Eiweiss in einem Verhältniss angewendet, dass sehr bald eine unlösliche Eiweissmodification gefällt wurde, die dann einfach mechanisch durch Verstopfung der Membran den Fortgang der Dialyse beeinträchtigte. Dies erscheint als der einfachste Erklärungsgrund. Indess wollten wir diese Versuche doch nicht ausschliessen, um die jedesmal angestellten Reihen vollständig, so wie sie gewonnen wurden, mittheilen zu können.

Die Experimente sind im physiologischen Institute des Herrn Professor *Fick* angestellt, dem ich für diese Erlaubniss und für die Gewährung der Hülfsmittel des Institutes den besten Dank sage.

Die ganze Untersuchung übernahm ich auf Veranlassung des Herrn Dr. *Kunkel* und führte sie unter dessen Leitung aus.